



叶丽努尔·哈德勒,刘璇,王玉萍,等.不同类型天山樱桃的抗寒性初步研究[J].黑龙江农业科学,2023(11):83-88.

不同类型天山樱桃的抗寒性初步研究

叶丽努尔·哈德勒,刘璇,王玉萍,满好,周龙

(新疆农业大学园艺学院,新疆乌鲁木齐830052)

摘要:为促进天山樱桃的进一步开发利用,以矮生和乔化两种类型天山樱桃的一年生枝条为试验材料,通过人工模拟低温胁迫处理(-20,-25,-30,-35和-40℃),测定其相对电导率、可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸及丙二醛含量等生理指标,以相对电导率结合 Logistic 方程测算半致死温度(LT₅₀),进一步通过组织褐变法和恢复生长法,综合评价各参数与耐寒度间的关系,从而评价不同类型天山樱桃的抗寒性。结果表明,随着低温胁迫强度的增加,枝条的电导率、可溶性糖含量明显升高,当温度达到-40℃时,两者的相对电导率均超过50%,矮生型天山樱桃枝条的半致死温度为-36.81℃,乔木状天山樱桃枝条的半致死温度为-39.91℃,可见两种类型天山樱桃的抗寒性顺序依次为乔木状天山樱桃>矮生型天山樱桃。

关键词:天山樱桃;低温胁迫;抗寒性;生理指标

近年来,我国樱桃产业发展迅猛,其中甜樱桃因其果实外观鲜艳、口感较佳,而且富含维生素、蛋白质和钙、磷、铁等各种微量元素,因此营养价值也较高,而深受消费者的青睐^[1]。但是由于甜樱桃抗寒性差,所以在我国的分布范围窄,集中分布在秦岭淮河以南的区域。为了扩大甜樱桃的栽培区,生产上多采用抗寒性强的砧木材料。天山樱桃作为新疆野果林特有的野生果树,具有极强的抗旱、抗寒以及抗病虫害能力,可作为李属及樱亚属砧木材料^[2]。目前,对天山樱桃的研究工作仍然重点聚焦于花粉萌发特征^[3]、遗传和表型多样性^[4]、群落特征^[5]等方面,而有关天山樱桃生态适应性的研究甚少,进一步明确天山樱桃的生态适应性,对于野生种质资源的开发利用有很高的科研价值和实践意义^[6]。温度是天气因素中改变植物地理分布的主要原因,温度胁迫是植物栽培中常常出现的一个气候灾害,会影响到各种经济作物及其它多种植物,温度会影响植株的生长代谢,导致植株的生理指数发生改变,造成植株的生长发育受到一定的损害,严重的可致死^[7]。相对电导率的改变能够反映植物细菌细胞壁的破坏程度,是能够反映各种树木抗逆能力的指数,同时也用作耐寒能力强弱的一个指数应用。根据相对电导率结合 Logistic 方程推算某种植物的半致死温

度,是果树抗寒性研究必不可少的方法^[8]。李纪元等^[9]发现电导法在评价黑木相思和灰木相思的抗寒性上有很好的准确性。何开跃等^[10]通过对福建柏山低温胁迫的长期观察证实,MDA 浓度随着温度的降低而逐步增加。严寒静等^[11]对梔子的调查研究发现,当温度逐渐下降时梔子叶内可溶性糖含量逐月增加,在温度最低的一月其可溶性糖含量是温度最高的九月的1.6倍。高志红等^[12]对果梅的研究发现,低温胁迫下其枝条内可溶性蛋白含量和可溶性糖含量与抗寒性呈明显正相关,可用作检测种质抗寒性的重要指标。姜卫兵等^[13]对无花果的长期研究表明,耐寒力越高的品种游离脯氨酸含量越是处于更高水平,而耐寒力较弱的种类则处在较低水平。Sukumaran 等^[14]提议以相对电导率为50%时的环境温度作为组织半致死温度,而近年来专家们普遍认为半致死温度(LT₅₀)可作为衡量某个物种抗寒性强弱比较精确的指数^[15]。而耐寒能力也是植物最主要的抗性能力之一,当植物遭受逆境胁迫时,其生态改变过程是相当复杂的,且受到了许多因子的复合作用,因此仅仅依靠一两个指标很难去反映植物抗寒性的真实情况。不同类型天山樱桃的抗寒性具有差异,需对比分析乔木状天山樱桃和矮生型天山樱桃两种类型的抗寒性差异。天山樱桃为野生果树,作为不同类型天山樱桃在野外生境不同的情况下枝条发育情况、营养状态均不相同,如何准确进行评价是本项目研究的关键。本研究用多个指标对两种类型的天山樱桃的抗寒力进行研究,更具科学性和可靠性^[16]。拟通过野外采样和试验基地采样相结合,室内人工模拟低温研究和室

收稿日期:2023-05-21

基金项目:自治区高校基本科研业务费项目(XJEDU2022-Z004);自治区大学生创新创业项目(S202310758063)。

第一作者:叶丽努尔·哈德勒(2001—),女,本科生,从事果树抗寒生理研究。E-mail:1161589133@qq.com。

通信作者:周龙(1976—),男,博士,教授,从事果树种质资源和栽培生理方面的研究。E-mail:zhoulong2004@126.com。

外自然越冬相结合的方式,拟合外部形态指标、生理指标等全面进行探讨和研究,综合予以评价。

1 材料与方法

1.1 材料

在西天山野果林采集野外乔木状天山樱桃和矮生型天山樱桃的一年生休眠枝,在新疆农业大学园艺学院干旱区特色果树中心重点实验室进行材料处理。在实验室中,吸干表面的水分,存于4℃冰箱备用。采用人工冷冻降温的方法,放置在冰箱中的温度控制范围是-20,-25,-30,-35和-40℃,而每个温度的持续时间约为12 h。

1.2 方法

1.2.1 组织褐变观察 参照牛立新等^[17]的研究结果。每个温度下选择3条洁净的一年生枝条,采用刀片横切成0.2 cm厚的薄片,并放置在解剖镜下观测枝条横切面的受冻变褐情况。采用褐变部分所占比例的方法,测定褐变面积。

$$\text{褐变面积}(\%) = (S_1/S_2) \times 100$$

1.2.2 相对电导率的测定 参照王文举等^[18]的方法,将低温处理下的枝条采用刀片横切成0.2 cm厚的薄片,称取0.3 g,装在45 mL的离心管中,再加入20 mL去离子水溶液,室温条件下封口浸提20 h,用DDS-307A输出电导仪测出最初电导值 C_1 ,用蒸馏水对照电导值 C_0 ,将其放在煮沸浴中30 min,冷至常温后再测出最终的电导值 C_2 。如此反复计算3次,取平均值。

$$\text{相对电导率}(\%) = (C_1 - C_0 / C_2 - C_0) \times 100$$

1.2.3 半致死温度的测定 根据苏李维等^[19]的方法,用Logistic方程组加以拟合环境温度(t)和相对电导率(y),求出相对电导率的拐点温度,即为低温半致死温度(LT₅₀)。

$$\text{Logistic 方程: } y = k / (1 + ae^{-bt})$$

1.2.4 生理指标的测定 参照武汉伊莱瑞特生物公司相关试剂盒使用说明测定其可溶性糖、可溶性蛋白、游离脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)含量。

可溶性葡萄糖含量的测定:称取0.1 g低温胁迫处理后的植物组织块,剪碎后加入乙醇并匀浆,后倒入有盖离心管中,再用80%乙醇冲洗研钵并转移到同一EP管中,终体积定容为1.5 mL,50℃水浴20 min,封口膜缠紧,且间隔2 min振荡混匀一次,冷却后12 000 r·min⁻¹离心10 min,取上清液备用。在EP管中依次加入0.025 mL样本、0.075 mL蒸馏水和0.030 mL工作液,再缓慢加入0.250 mL浓硫酸作为测定管,在EP管中依次加入0.100 mL蒸馏水、0.030 mL工作液和0.025 mL浓硫酸作为空白管,混匀后,放入沸

水浴中10 min,冷却至室温后,取200 μL转移至96孔板中,于620 nm读取吸光值。

$$\Delta A = A_{\text{测定}} - A_{\text{空白}}$$

$$\text{可溶性糖含量}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}) = [(\Delta A + 0.0103) \div 2.0899 \times V_1] \div (W \times V_1 \div V) \times D = 0.718 \times (\Delta A + 0.0103) \div W \times D$$

可溶性蛋白质浓度(Cpr)的测定:称取0.1 g低温胁迫处理的植物组织块,加入提取液后沐浴匀浆,12 000 r·min⁻¹离心10 min,取上清。在EP管中加入0.005 mL样本,混匀,于60℃保温30 min,全部转移到96孔板,于562 nm处测定吸光值。

$$\Delta A = A_{\text{测定}} - A_{\text{空白}}$$

$$\text{Cpr 鲜重}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}) = [(\Delta A + 0.0046) \div 0.188 \times 0.01] \div (V_1 \div V \times D) = 1.06 \times (\Delta A + 0.0046) \div W \times D$$

脯氨酸含量的测定:称取0.1 g低温胁迫处理后的植物组织块,剪碎后加入1 mL的提取液,匀浆后离心15 min,取上清用提取液稀释10倍,取稀释后的样本。取2 mL提取液,加入10 mL试管中作为空白管。取2 mL 10 μg·mL⁻¹标准品,加入10 mL试管中作为标准管,取2 mL待测样本,加入10 mL试管中作为测定管,混匀,沸水浴30 min,流水冷却,加4 mL甲苯,振荡,静置10 min,取上清液至离心管中后离心10 min,吸取上层红色甲苯溶液,于520 nm处测定各管吸光度。

$$\text{脯氨酸含量}(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = (\Delta A_1 \div \Delta A_2) \times c \times V \div W \times f$$

丙二醛含量(MDA)的测定:称取0.1 g低温胁迫处理后的植物组织块,剪碎后加入提取液,沐浴匀浆后离心15 min,取上清液0.1 mL。取8个不同浓度的标准品各0.1 mL,分别加入对应的1.5 mL EP管中作为标准管,取0.1 mL待测样本,加入1.5 mL EP管中作为测定管,再向各管中加入0.6 mL工作液,混匀后EP管口用保鲜膜扎紧,并扎一个小孔,95℃以上水浴40 min,取出后流水冷却,2 000 g离心10 min。取0.25 mL上清液加入酶标板,532 nm,测定OD值。

$$\text{MDA}(\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}) = (\Delta A_{532} - b) \div a \times f \div (m \div v)$$

式中:b为标曲的截距;a为标曲的斜率;f为样本加入检测体系之前的稀释倍数;m为植物组织样本质量(g);v为样本处理过程中加入试剂五抽提应用液的体积(mL)。

1.2.5 恢复生长情况调查 取不同低温处理采集的天山樱桃枝条样品,分别放置在装有三分之一蒸馏水的150 mm的三角瓶密封后,存放于约

25℃的室内,进行光照处理,每3d换水1次,换水时修剪掉枝条基部便于更好地吸收水分,每天记录1次芽的萌发情况,统计萌芽率。

1.2.6 数据分析 试验数据采用Excel 2019进行计算和作图,并用Origin 2021软件对Logistic方程 $y=k/(1+ae^{-bx})$ 进行拟合,若拟合度(r)显著时,再计算LT₅₀,从而分析判断温度和相对电导率之间的关系,最后综合比较分析两种类型天山樱桃的抗寒性。

2 结果与分析

2.1 不同类型天山樱桃的相对电导率和半致死温度

由图1可知,两种类型天山樱桃枝条相对电导率随着处理温度的降低均呈现缓慢上升的趋势,且矮生型天山樱桃始终显著高于乔木状天山樱桃,并在-40℃时达到最大值。其中矮生型天山樱桃相对电导率在-40~-30℃时上升幅度最大,乔木状天山樱桃相对电导率在-40~-35℃时上升的幅度最大。在相同温度下,矮生型天山樱桃的相对电导率均大于乔木状天山樱桃的相对

电导率,在-35~-20℃时,矮生型天山樱桃和乔木状天山樱桃的相对电导率均在50%以下,当温度达到-40℃时,两者的相对电导率均超过50%。

根据在不同温度处理下测定的两种类型天山樱桃的相对电导率求出其Logistic方程、拟合度及低温半致死温度,结果如表1所示,不同温度胁迫下,乔木状的天山樱桃半致死温度为-39.91℃,而矮生型天山樱桃休眠枝条的半致死温度为-36.81℃,两种类型天山樱桃的方程相关系数分别为0.94269和0.95422。

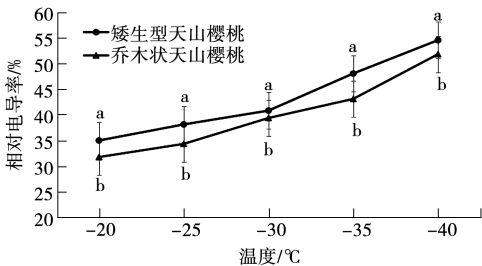


图1 低温胁迫下天山樱桃枝条相对电导率的变化

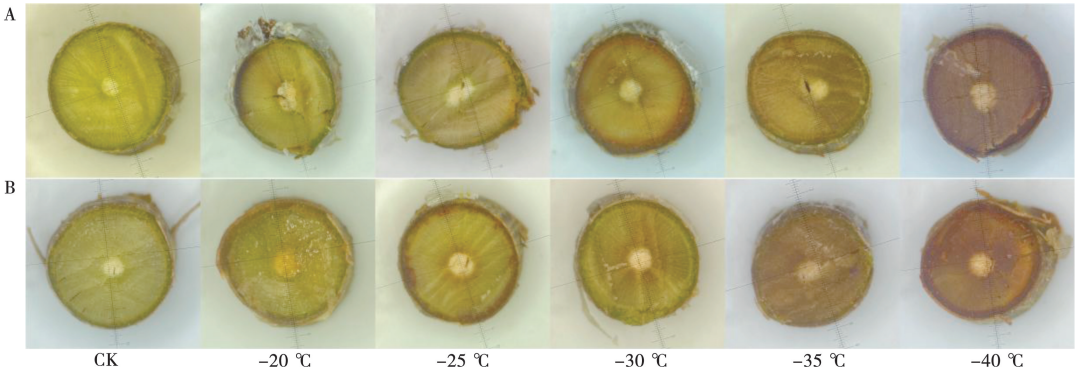
表1 低温胁迫下的天山樱桃枝条半致死温度(LT₅₀)

品种	Logistic 方程	拟合度	LT ₅₀ /℃	a	b
矮生型天山樱桃	$Y=100/(1+4.44356 e^{-0.04052 x})$	0.95422	-36.81	4.44356	0.04052
乔木状天山樱桃	$Y=100/(1+5.22048 e^{-0.04141 x})$	0.94269	-39.91	5.22048	0.04141

2.2 不同类型天山樱桃的组织褐变

不同类型天山樱桃的休眠枝条对低温胁迫反应后的横切面的褐变现象如图2所示。枝条木质部、韧皮部及髓部在-30~-20℃处理时颜色鲜绿,说明尚未经受到低温的胁迫,随着处理温度的

进一步下降,两个类型天山樱桃枝条的组织褐变程度渐重,尤其是在木质部表现明显,出现褐色,处理温度-40℃时木质部、韧皮部出现大面积的褐变现象,而且表现出矮生型(图2A)的褐变面积大于乔木状天山樱桃(图2B)。



A. 矮生型天山樱桃;B. 乔木状天山樱桃。

图2 低温胁迫下天山樱桃枝条的褐变情况

2.3 低温处理对两种类型天山樱桃枝条生理指标的影响

2.3.1 脯氨酸 由图3可知,随着温度的降低,两个类型天山樱桃枝条的脯氨酸含量都呈现先增

加后减少再增加的趋势,在-20℃和35℃条件下,两种类型天山樱桃枝条脯氨酸含量无显著差异,-25,-30和-40℃条件下,两种类型天山樱桃抗寒性表现出显著差异,乔木状天山樱桃枝

条脯氨酸含量显著高于矮生型天山樱桃,在不同的低温胁迫处理下,乔木状天山樱桃枝条的脯氨酸含量均比矮生型天山樱桃枝条的脯氨酸含量高。温度在 $-40\sim-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,乔木状天山樱桃枝条的脯氨酸含量上升幅度最大,增加了 $214.92\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;矮生型天山樱桃枝条的脯氨酸含量增加幅度最小,仅增加了 $56.94\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在温度下降过程中,两种类型天山樱桃间脯氨酸含量变化差异明显。

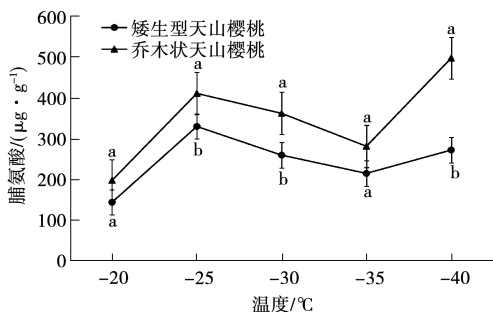


图3 低温胁迫下天山樱桃枝条脯氨酸含量的变化

2.3.2 可溶性糖 由图4可知,两种类型天山樱桃枝条的可溶性糖含量随着处理温度的下降而持续上升,两种类型天山樱桃枝条可溶性糖含量始终无显著差异。 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,乔木型天山樱桃枝条的可溶性糖含量较矮生型天山樱桃枝条低。但随着处理后温度的持续下降,两种型天山樱桃枝条可溶性糖含量迅速增加,至 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时达高峰程度,且乔木状天山樱桃枝条的可溶性糖含量超过了矮生型天山樱桃。

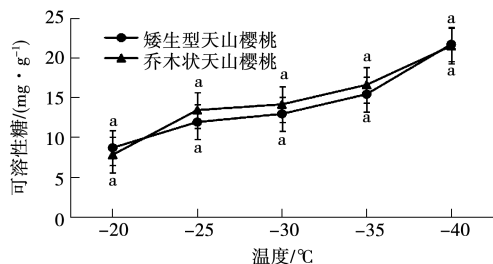


图4 低温胁迫下天山樱桃枝条可溶性糖含量的变化

2.3.3 丙二醛 由图5可知, $-35\sim-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,矮生型天山樱桃枝条丙二醛含量始终显著高于乔木状天山樱桃。在 -40 和 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,两种类型天山樱桃枝条丙二醛含量无显著差异,温度在 $-30\sim-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,两种类型天山樱桃枝条的丙二醛含量均上升,矮生型天山樱桃枝条的丙二醛含量上升幅度最大;温度在 $-35\sim-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,两种类型天山樱桃枝条的丙二醛含量均下降,乔木状天山樱桃枝条的丙二醛含量下降幅度最大;温度在 $-40\sim-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,矮生型天山樱桃枝条的丙二醛含量下降,乔木状天山樱桃枝条的丙

二醛含量迅速上升。丙二醛含量最高的是矮生型天山樱桃枝条。

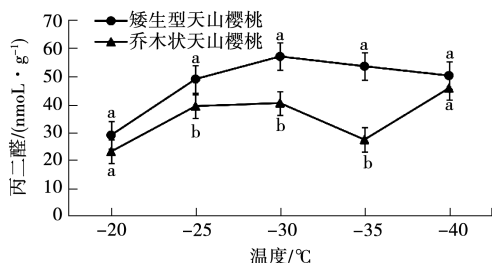


图5 低温胁迫下天山樱桃枝条丙二醛含量的变化

2.3.4 可溶性蛋白质 由图6可知,随着处理温度的降低,两种类型天山樱桃枝条可溶性蛋白质含量整体有上升趋势。 $-25\sim-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,两种类型天山樱桃枝条可溶性蛋白质含量均无显著差异,在 -40 和 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,两种类型天山樱桃枝条可溶性蛋白质含量出现显著差异,温度在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,矮生型天山樱桃可溶性蛋白质含量达到最大值且显著高于乔木状天山樱桃。当温度为 $-25\sim-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,两种类型天山樱桃的可溶性蛋白质含量均迅速升高;当温度为 $-30\sim-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,矮生型天山樱桃的可溶性蛋白质含量缓慢上升,乔木状天山樱桃的可溶性蛋白质含量则缓慢下降;当温度为 $-35\sim-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,矮生型天山樱桃的可溶性蛋白质含量缓慢下降,乔木状天山樱桃的可溶性蛋白质含量又上升;当温度为 $-40\sim-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,两种类型天山樱桃的可溶性蛋白质含量均下降。在整个温度下降过程中,矮生型天山樱桃的可溶性蛋白质含量均比乔木状天山樱桃的可溶性蛋白质含量高。

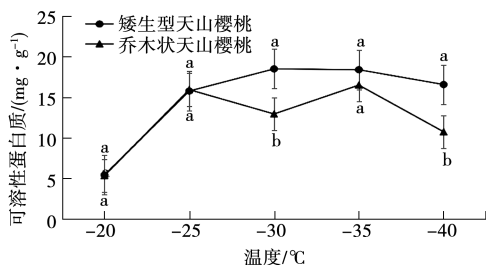


图6 低温胁迫下天山樱桃枝条可溶性蛋白质含量的变化

2.4 低温胁迫后两种类型天山樱桃枝条恢复生长情况

由表2和图7可以看出,随着处理温度的降低,两种类型天山樱桃枝条恢复生长能力减弱,两种类型天山樱桃枝条的萌芽率均随着温度的降低而逐步下降。当温度降低至 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,两种类型天山樱桃枝条的萌芽率都降低在50%以内,矮生

型天山樱桃枝条萌芽率为 20.05%，乔木状天山樱桃枝条萌芽率为 20.12%，说明已经有部分芽体遭到破坏，乔木状天山樱桃枝条仍处于展叶期，矮生型天山樱桃枝条只处于绿尖期，当温度下降至-35℃时，两种类型天山樱桃休眠枝条的萌芽率均只有在 20%以下，矮生型天山樱桃枝条萌芽率为 9.52%，乔木状天山樱桃枝条萌芽率为 17.38%，但乔木状天山樱桃枝条萌芽数量仍高于矮生型天山樱桃枝条，当温度在-40℃时两种类型天山樱桃枝条均没有萌发。随着处理温度的降低，乔木状天山樱桃(图 7B)恢复生长的能力相对于矮生型天山樱桃(图 7A)的恢复生长能力更强。

表 2 低温胁迫下天山樱桃休眠枝条的萌芽率

供试枝条	萌发率/%				
	-20℃	-25℃	-30℃	-35℃	-40℃
矮生型天山樱桃	55.90	50.29	20.05	9.52	0
乔木状天山樱桃	59.38	51.48	20.12	17.38	0



A. 矮生型天山樱桃; B. 乔木状天山樱桃。

图 7 低温胁迫下天山樱桃枝条恢复生长的情况

3 讨论

3.1 天山樱桃相对电导率和抗寒性关系

逆境条件下,植株内的各种渗透调控产物大量堆积,从而赋予植株渗透调控的能力^[19-20]。当树木枝条遭受低温胁迫时,细胞的质膜透性就会变大,进而产生电解质的外渗。本研究发现不同低温胁迫下,两种类型天山樱桃枝条的相对电导率随着温度的降低呈直线上升趋势,温度在-40~-35℃时,两种类型天山樱桃枝条的相对电导率均超过了 50%以上,可以进一步利用 Logistic 方程计算得出两种类型天山樱桃枝条的半致死温度为-36.81 和-39.91℃。多数研究表明当相对

电导率达到 50%以上时多数植物已经遭受到不可逆的伤害,关于这一点魏鑫等^[21]在越橘品种、马小河等^[22]在酿酒葡萄的研究上也得出相同的结论。

3.2 天山樱桃生理指标和抗寒性关系

用作植物细胞内渗透调节的可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛和脯氨酸等在逆境情况下不断积累,有植物细胞渗透调节的功能,而这种化合物也被认为和耐寒性有关^[23]。本研究发现两种类型天山樱桃的可溶性糖含量由于温度的不断下降整体呈现不断增加趋势。这一方面,在常绿阔叶的灌木富贵草^[24]、观光木^[25]的研究结果与本研究一致。天山樱桃本身就是极耐寒的品种,枝条内积聚了丰富的可溶性糖,可溶性糖是植株内主要的渗透保护物质,具有降低原生质冰点缓冲细胞脱水的作用,其含量与抗寒性呈正相关。

本研究仅对两种不同类型天山樱桃进行了人工模拟低温胁迫下的抗寒性研究,为获得更加准确可靠的数据,仍需要通过连续多年的观测和田间表现进行验证试验。生理生化指标的测定及形态结构的观察只是对抗寒性的初步研究,未来还需要在抗寒基因的挖掘、功能鉴定等多方面进行深入研究。全面评价天山樱桃的生态适应性,为这一野生种质资源的开发利用提供理论依据。

4 结论

通过对人工低温处理条件下不同类型天山樱桃枝条组织褐变和恢复生长情况的观测,拟合 Logistic 方程和脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛等生理指标对抗寒性进行综合评判,乔木状的天山樱桃半致死温度为-39.91℃,矮生型天山樱桃休眠枝条的半致死温度为-36.81℃,且矮生型天山樱桃枝条相对电导率始终显著高于乔木状天山樱桃。在-40℃条件下,矮生型天山樱桃枝条的脯氨酸含量达到 271.11 μg·g⁻¹,乔木状天山樱桃枝条的脯氨酸含量高达 495.11 μg·g⁻¹,乔木状天山樱桃枝条脯氨酸含量始终显著高于矮生型天山樱桃。矮生型天山樱桃枝条的可溶性糖含量为 21.63 mg·g⁻¹,乔木状天山樱桃枝条的可溶性糖含量为 21.43 mg·g⁻¹。矮生型天山樱桃枝条的丙二醛含量为 50.12 nmol·g⁻¹,乔木状天山樱桃枝条的丙二醛含量为 45.65 nmol·g⁻¹,矮生型天山樱桃枝条丙二醛含量始终显著高于乔木状天山樱桃。矮生型天山樱桃枝条的可溶性蛋白质含量为 16.56 mg·g⁻¹,乔木状天山樱桃枝条的可溶性蛋白质含量为 10.75 mg·g⁻¹,温度在-40℃时,矮

生型天山樱桃可溶性蛋白质含量达到最大值且显著高于乔木状天山樱桃。认为两种类型天山樱桃均有强的抗寒能力,半致死温度在 $-40\sim-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,经综合判断乔木状天山樱桃抗寒力较强于矮生型天山樱桃。

参考文献:

- [1] 张力思. 甜樱桃的起源、分布及栽培现状[J]. 北方果树, 2000(4):31.
- [2] 彭妮,周龙,王超,等. 天山樱桃种子萌发特性研究[J]. 经济林研究, 2015,33(3):145-149.
- [3] 王超,周龙,彭妮,等. 天山樱桃花粉特性研究[J]. 新疆农业大学学报, 2013,36(6):449-453.
- [4] 李春侨,周龙,陆彪,等. 天山樱桃种质资源表型多样性研究[J]. 西北农业学报, 2018,27(1):91-97.
- [5] 冯琳骄,褚佳瑶,高林,等. 新疆伊犁和塔城地区天山樱桃群落特征与植物区系的比较[J]. 经济林研究, 2021,39(3):156-164.
- [6] 李春侨,周龙,陆彪,等. 天山樱桃野生居群遗传多样性 SSR 分析[J]. 经济林研究, 2017,35(3):44-49.
- [7] LYONS J M. Chilling injury in plants[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1973, 24: 445-448.
- [8] 林艳,郭伟珍,徐振华,等. 大叶女贞抗寒性及冬季叶片相对电导率变化研究[J]. 天津农业科学, 2012,18(5):145-149.
- [9] 李纪元,高传璧,郑学为,等. 两个温带相思属树种的耐寒性评估[J]. 林业科学研究, 1999,12(1):87-91.
- [10] 何开跃,李晓储,黄利斌,等. 冷冻胁迫对福建柏苗可溶性糖和丙二醛(MDA)含量的影响[J]. 江苏林业科技, 2007, 27(6):6-8.
- [11] 严寒静,谈锋. 梣子叶片生理特性与抗寒性的关系[J]. 植物资源与环境学报, 2005,14(4):21-24.

- [12] 高志红,章镇,韩振海. 果梅种质枝条抗寒性鉴定[J]. 果树学报, 2005,22(6):709-711.
- [13] 姜卫兵,王业遵,马凯. 渗透保护物质在无花果抗寒性发育中的作用[J]. 园艺学报, 1992,19(4):371-372.
- [14] SUKUMARAN N P,WEISER C J. Method of determining cold hardness by electrical conductivity in potato[J]. Hort Science, 1972(7):467-468.
- [15] 唐海霞,杨雪梅,冯立娟,等. 3个石榴品种越冬抗寒性及生理差异分析[J]. 园艺学报, 2023,50(7):1563-1573.
- [16] 苏向辉. 天山樱桃生物学特性初步研究及资源评价[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2012.
- [17] 牛立新,贺普超. 用改进的组织褐变法鉴定葡萄抗寒性的研究[J]. 西北农业大学学报, 1992,20(1):95-99.
- [18] 王文举,张亚红,牛锦凤,等. 电导法测定鲜食葡萄的抗寒性[J]. 果树学报, 2007,24(1):34-37.
- [19] 苏李维,李胜,马绍英,等. 葡萄抗寒性综合评价方法的建立[J]. 草业学报, 2015,24(3):70-79.
- [20] 玉苏甫·阿不力提甫,阿依古丽·铁木儿,帕提曼·阿布都热合曼,等. 利用隶属函数法综合评价梨砧木抗寒性[J]. 中国农业大学学报, 2014,19(3):121-129.
- [21] 魏鑫,刘成,王兴东,等. 6个高丛越橘品种低温半致死温度的测定[J]. 果树学报, 2013,30(5):798-802.
- [22] 马小河,唐晓萍,董志刚,等. 6个酿酒葡萄品种抗寒性比较[J]. 山西农业大学学报, 2013,33(1):1-5.
- [23] 杨凤翔,金芳,颜霞. 不同草莓品种抗寒性综合评价[J]. 果树学报, 2010,27(3):368-372.
- [24] 严海燕,董然,于向丽,等. 常绿阔叶灌木富贵草越冬过程中抗寒性生理指标的动态变化[J]. 北方园艺, 2012(24):70-73.
- [25] 林宁,谢安德,王凌晖,等. 低温胁迫对观光木幼苗离体叶片生理特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(16):3524-3527.

Preliminary Study on Cold Resistance of Different Type *Cerasus tianschanica* Pojark

Yelinur·Hadler, LIU Xuan, WANG Yuping, MAN Hao, ZHOU Long

(College of Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to promote the further development and utilization of *Cerasus tianschanica* Pojark, the one-year-old branches of two types of *C. tianschanica* Pojark were used as experimental materials. The physiological indexes such as relative conductivity, soluble sugar, soluble protein, proline and malondialdehyde content were measured by artificial simulated low temperature stress treatment ($-20, -25, -30, -35, -40\text{ }^{\circ}\text{C}$). The semi-lethal temperature (LT_{50}) was calculated by relative conductivity combined with Logistic equation. The relationship between each parameter and cold resistance was comprehensively evaluated by tissue browning method and recovery growth method, and evaluate the cold resistance of different types of *C. tianschanica* Pojark. The results showed that with the increase of low temperature stress intensity, the conductivity and soluble sugar content of branches increased significantly. When the temperature reached $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, the relative conductivity of both exceeded 50%. The semi-lethal temperature of dwarf *C. tianschanica* branches was $-36.81\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the semi-lethal temperature of arbor *C. tianschanica* branches was $-39.91\text{ }^{\circ}\text{C}$. It can be seen that the cold resistance order of the two types of *C. tianschanica* is arbor *C. tianschanica* > dwarf *C. tianschanica*.

Keywords: *Cerasus tianschanica* Pojark; low temperature stress; cold resistance; physiologic index